

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-057339

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl. G06T 7/00

(21)Application number : 10-220806 (71)Applicant : CANON INC

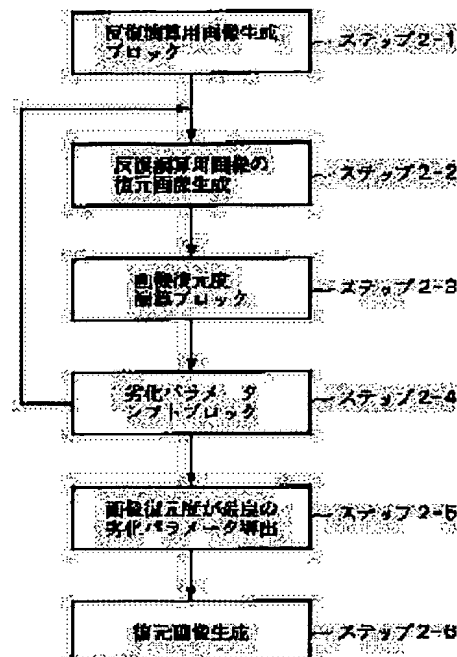
(22)Date of filing : 04.08.1998 (72)Inventor : MORINO TAKASHI

(54) IMAGE PROCESSING METHOD AND DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To restore an image with no high-degree algorithm required by performing the image restoration while shifting a degradation parameter even when the degradation parameter forming a degradation function needed for the image restoration is unknown and then deriving a degradation parameter having the highest degree of restoration of every image.

SOLUTION: An image is generated for a repeated operation (2-1) and then a degraded image is restored while the degradation parameter forming a degradation function is varied (2-2 to 2-4). A degradation parameter having the highest degree of image restoration is selected and the degradation function is derived (2-5). Then a restored image is generated, based on the selected degradation function (2-6).



Best Available Copy

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開 2000-57339

(P 2000-57339A)

(43)公開日 平成12年2月25日(2000.2.25)

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/70 3 2 0

5L096

審査請求 未請求 請求項の数 9

O L

(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-220806

(22)出願日 平成10年8月4日(1998.8.4)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 森野 崇志

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノ
ン株式会社内

(74)代理人 100076428

弁理士 大塚 康德 (外2名)

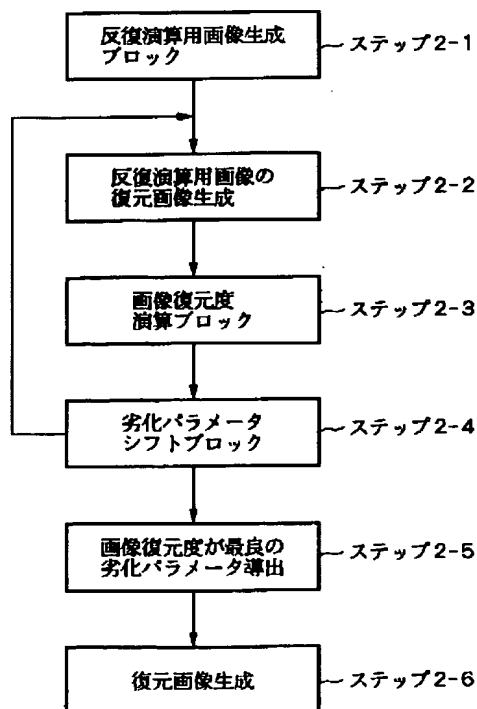
F ターム(参考) 5L096 AA03 CA02 DA01 EA05 EA27

(54)【発明の名称】画像処理方法及び装置

(57)【要約】

【課題】本発明は、画像復元を行う上で必要な劣化関数を構成する劣化パラメータが不明である場合でも、劣化パラメータをシフトさせながら画像復元を行い、各復元画像の画像復元度が最良の劣化パラメータを導出することによって、高度なアルゴリズムを必要としない画像復元が可能となる。

【解決手段】まず反復演算用の画像を生成し(ステップ2-1)劣化関数を構成する劣化パラメータを変化させながら劣化画像を復元し(ステップ2-2~2-4)、もっとも良好な画像復元度を得た劣化パラメータを選択して劣化関数を導出し(ステップ2-5)、その劣化関数により復元画像を生成する(ステップ2-6)。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 劣化関数を用いて、劣化画像から原画像に近い復元画像を復元する画像処理方法であって、劣化関数を構成する劣化パラメータを変化させながら劣化画像を復元し、復元された画像の画像復元度を求め、該画像復元度を基に劣化パラメータを選択して劣化関数を導出し、該劣化関数により復元画像を生成することを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 劣化画像から小領域を指定し、該小領域を、劣化関数を構成する劣化パラメータを変化させながら復元される劣化画像として用いることを特徴とする請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項3】 劣化画像を指定サイズに間引いた画像を生成し、該画像を、劣化関数を構成する劣化パラメータを変化させながら復元される劣化画像として用いることを特徴とする請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項4】 劣化画像に対する解析処理又は撮像装置に設けられた測定装置の出力から劣化パラメータを得、該劣化パラメータを、劣化画像を復元する際に変化させる劣化パラメータとして用いることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項5】 前記劣化画像を復元する際に変化させる劣化パラメータは、指定された範囲内で変化させられることを特徴とする請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項6】 前記画像復元度として、復元された画像の周波数特性を求めることを特徴とする請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項7】 前記画像復元度として、復元された画像の周波数特性を導出し、求められた周波数特性から特定周波数領域内の周波数分布を求めることを特徴とする請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項8】 劣化関数を用いて、劣化画像から原画像に近い復元画像を復元する画像処理装置であって、

$$g(x,y) = \iint h(x,y,x',y')f(x',y')dx'dy'+v(x,y) \quad (1)$$

【0006】の関係があると仮定する。ここで、 $h(x,y,x',y')$ は劣化関数、 $v(x,y)$ は出力画像におけるランダム雑音を表す。

【0007】平行移動を除いて、点の劣化した像がその点の位置に依存しないならば、点ひろがり関数(PSF:Poi*

$$g(x,y) = \iint h(x-x',y-y')f(x',y')dx'dy'+v(x,y) \quad (2)$$

【0009】となる。雑音が無いとき、式(2)の両辺のフーリエ変換を行い、畳み込み定理より、

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) \quad (3)$$

【0011】となる。 $G(u,v)$ 、 $H(u,v)$ 、 $F(u,v)$ はそれぞれ $g(x,y)$ 、 $f(x,y)$ 、 $h(x,y)$ のフーリエ変換を表す。ここで $H(u,v)$

劣化関数を構成する劣化パラメータを変化させながら劣化画像を復元し、復元された画像の画像復元度を求め、該画像復元度を基に劣化パラメータを選択して劣化関数を導出し、該劣化関数により復元画像を生成することを特徴とする画像処理装置。

【請求項9】 コンピュータにより、劣化関数を構成する劣化パラメータを変化させながら劣化画像を復元させ、復元された画像の画像復元度を求めさせ、該画像復元度を基に劣化パラメータを選択して劣化関数を導出させ、該劣化関数により復元画像を生成させるためのコンピュータプログラムを格納することを特徴とするコンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、カメラ等の撮影装置によって撮影された、ブレ劣化やボケ劣化を伴う画像を、原画像に近い画像に復元する画像処理方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、劣化画像(ブレ画像、ボケ画像等)を復元する手法として、ウィーナフィルタ、一般逆フィルタ、射影フィルタ等数多くある。これらの手法を適用する際には、まず劣化関数を決定する必要がある。この劣化関数は、撮影条件等の物理的要因から解析的に求めたり、撮像装置に設けられた測定装置(加速度センサ等)の出力から推定する方法が最も理想的である。

【0003】以下に、その劣化関数について説明する。

【0004】 $f(x,y)$ を理想画像、 $g(x,y)$ を劣化した画像としたとき、

【0005】

【数1】

*nt Spread Function)は、 $h(x-x',y-y')$ の形となり、式(1)は、

【0008】

【数2】

※【0010】

【数3】

は、理想画像 $f(x,y)$ を劣化した画像 $g(x,y)$ に変換するシステムの伝達関数である。

【0012】一例として、カメラと風景との相対的な運

動による劣化（いわゆるブレ画像）の劣化モデルについて以下に説明する。

【0013】運動を除いて画像は時間的に不変であると仮定する。もし、相対運動が平面内における記録用フィルムの運動によるものと近似的に等しいならば、フィルム上の点における露光量の総計は、瞬時的な露光量をシ*

*チャッタが開いている時間だけ積分することによって求められる。ここで、シャッタの開閉に要する時間は無視できると仮定する。 $\alpha(t)$ 、 $\beta(t)$ をそれぞれ変位のx、y方向の成分でであるとすると、

【0014】

【数4】

$$g(x, y) = \int_{-T/2}^{T/2} f(x - \alpha(t), y - \beta(t)) dt \quad (4)$$

【0015】となる。ここでTは露光時間で、便宜的に $-T/2$ から $T/2$ までであるとした。 ※【0017】

【0016】式(4)の両辺をフーリエ変換すると、 ※

$$\begin{aligned} G(u, v) &= \int dx dy \exp[-j2\pi(ux + vy)] \int_{-T/2}^{T/2} dt f(x - \alpha(t), y - \beta(t)) \\ &= \int_{-T/2}^{T/2} dt \int dx dy f(x - \alpha(t), y - \beta(t)) \exp[-j2\pi(ux + vy)] \\ x - \alpha(t) &= \xi, y - \beta(t) = \eta \text{ とおくと、上式は、} \\ G(u, v) &= \int_{-T/2}^{T/2} dt \iint d\xi d\eta f(\xi, \eta) \times \exp[-j2\pi(u\xi + v\eta)] \exp[-j2\pi(\alpha(t)u + \beta(t)v)] \\ &= F(u, v) \int_{-T/2}^{T/2} \exp[-j2\pi(u\alpha(t) + v\beta(t))] dt = F(u, v) H(u, v) \end{aligned} \quad (5)$$

【0018】となる。この式から、劣化は式(3)また ★る。
はこれに等しい式(2)でモデル化されることがわか 20 【0019】
る。この劣化の伝達関数H(u, v)は次式で与えられ★ 【数6】

$$H(u, v) = \int_{-T/2}^{T/2} \exp[-j2\pi(u\alpha(t) + v\beta(t))] dt \quad (6)$$

【0020】すると、X軸に対して、角度 θ 、一定の速 ☆【0021】
度Vで時間Tだけブレた場合の点応答関数は、 ☆ 【数7】

$$H(u, v) = \frac{\sin \pi \omega T}{\pi \omega} \quad (7)$$

【0022】で与えられる。ここで、

【0023】

◆【数8】

◆30

$$\omega = (u - u_0)V \cos \theta + (v - v_0)V \sin \theta \quad (8)$$

【0024】で、 u_0 、 v_0 は画像の中心座標である。なお、 ω が微小な時は $H(u, v) = T$ と近似する。

【0025】同様に、ボケ劣化モデルについても関数によって表すことができる。例えば、ボケ現象を正規分布法則（ガウシアン）に沿うとした場合、中心画素からの距離をr、正規分布法則の任意のパラメータを σ^2 とすると、劣化関数は、

【0026】

【数9】

$$h(r) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{r^2}{\sigma^2}\right) \quad (9)$$

【0027】で表される関数となる。

【0028】このように、劣化モデルに合わせて劣化関数が表されるが、最終的にこの劣化関数を用いて画像復元を行うには、ブレ方向、ブレ量といった劣化パラメータの指定が必要である。そして、これらのパラメータは撮像装置に設けられた測定装置等から得られる場合もある。また、劣化画像のみからでも、画像特徴量（自己相関関数等）から劣化状態を推定し劣化パラメータを求め

る手法も数多く研究されている。上述の点ひろがり関数以外にも、線ひろがり関数、縁部ひろがり関数等を推定する手法がある。例えば、縁部ひろがり関数は、原画像中に鋭い縁部があれば、その縁部を微分して線ひろがり関数を求め、画像再構成手法を用いて劣化関数を決定する方法が知られている。

【0029】

40 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ウィーナフィルタ等の画像復元アルゴリズムを用いて画像の復元を行う場合、パラメータに数%の誤差が含まれるだけで、復元画像には非常に大きな雑音为重畳される。例えば、劣化画像の画像特徴量（自己相関関数等）から劣化状態を推定して劣化パラメータを求める手法の場合、大概パラメータに大きな誤差を含むため復元効果は薄い。カメラ等の撮像装置に設けられた測定装置（加速度センサ等）を用いる場合でも、誤差を数%以内とするのは技術的に非常に困難であるため、パラメータ誤差の問題は無視できない。

【0030】また、縁部ひろがり関数を適用する場合、

原画像が劣化しているため縁部を抽出することが困難であるという問題があった。本出願人は、劣化画像中から縁部を含む小領域を指定し、該小領域内を劣化関数のパラメータを変化させながら画像復元を行うとともに、前記パラメータに対応する画像復元度を求め、画像復元度が最良となるパラメータを用いて画像全体の画像復元を行う手法を提案している（特願平5-287564）。しかし、この提案は縁部ひろがり関数の推定に関してのみであり、点ひろがり関数の推定には適用できない。また、原画像中の縁部は周波数的には高周波成分に当たり、各種フィルタを用いて画像復元を行う際には、最も大きな雑音を重畳する領域である。すなわち、画像復元度が最良のパラメータを求めたとしても、雑音により精度が悪い可能性が高い。さらに、復元操作の度に原画像中の縁部を含む小領域を指定するのは煩わしいという問題もある。

【0031】本発明は上記従来例に鑑みてなされたもので、劣化パラメータを伴う様々な劣化関数を用いて画像復元を行う際に、劣化パラメータの推定値が全く無い場合や、解析的な推定又は撮像装置に設けられた測定装置の出力により得られた劣化パラメータに誤差が含まれる場合でも、演算負荷を抑えながら高精度に画像復元を行う画像処理方法及び装置を提供することを目的とする。

【0032】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するため、本発明は次のような構成からなる。すなわち、劣化関数を用いて、劣化画像から原画像に近い復元画像を復元する画像処理方法であって、劣化関数を構成する劣化パラメータを変化させながら劣化画像を復元し、復元された画像の画像復元度を求め、該画像復元度を基に劣化パラメータを選択して劣化関数を導出し、該劣化関数により復元画像を生成する。

【0033】あるいは、劣化関数を用いて、劣化画像から原画像に近い復元画像を復元する画像処理装置であって、劣化関数を構成する劣化パラメータを変化させながら劣化画像を復元し、復元された画像の画像復元度を求め、該画像復元度を基に劣化パラメータを選択して劣化関数を導出し、該劣化関数により復元画像を生成する。

【0034】あるいは、コンピュータにより、劣化関数を構成する劣化パラメータを変化させながら劣化画像を復元させ、復元された画像の画像復元度を求めさせ、該画像復元度を基に劣化パラメータを選択して劣化関数を導出させ、該劣化関数により復元画像を生成させるためのコンピュータプログラムを格納するコンピュータ可読記憶媒体。

【0035】

【発明の実施の形態】〔第1の実施の形態〕本発明を図に基づいて詳細に説明する。図1は実施例のブロック図*

$$P(x, y) = R^2(x, y) + I^2(x, y)$$

*路構成図である。図1において、フィルムスキャナやデジタルカメラ等の画像入力装置1はコンピュータ2に接続され、画像入力装置1によりコンピュータ2に画像データが入力される。このコンピュータ2にはキーボード等の入力デバイス3、ディスプレイ等の画像表示装置4、磁気ディスク等の画像保存装置5が接続されている。

【0036】画像入力装置1からコンピュータ2内に読み込まれた画像は入力デバイス3からの指示により図2のフローチャートに示すような処理が施され、画像表示装置4に表示される。また、処理を施された画像は必要に応じて画像保存装置5に保存される。

【0037】次に、図2のフローチャートについて説明する。

【0038】まずステップ2-1では、後のステップ2-2～2-4において反復的に行われる画像修正演算のための画像（これを反復演算用画像と呼ぶ）を生成する。本ステップにおける反復演算用画像は、単純に劣化画像自体を用いてもよいし、以下に述べる最良な劣化パラメータの導出に有利な画像や演算負荷を抑えるような画像を生成してもよい。

【0039】 p_1, p_2, \dots, p_k で表される k 個の劣化パラメータより導出される劣化関数を $H(p_1, p_2, \dots, p_k)$ とすると、ステップ2-2では、ステップ2-1で生成した反復演算用画像に対してこの劣化関数 $H(p_1, p_2, \dots, p_k)$ を用いて画像復元を行う。例えば、ブレ画像については、前述の式(7)、(8)におけるブレ角度 θ 、ブレ角度 V 、露光時間 T 、ボケ画像については、式(9)における r や δ_2 を代入して得られる劣化関数を基に、ウィナーフィルタ等の画像復元アルゴリズムを用いて復元画像を生成する。

【0040】次にステップ2-3では、前ステップで得られた復元画像から画像復元度を演算する。画像復元度を示す指標として、復元画像の周波数特性に着目し、最も一般的なフーリエ変換のパワースペクトラム（強度分布）を用いる場合について説明する。一般に劣化画像（ブレ画像やボケ画像等）では、輝度変化の鋭いエッジ部（高周波成分）が劣化によりなだらかな輝度変化（低周波成分）となる。この低周波に落ちた成分を画像復元アルゴリズムによって高周波に持ち上げるため、周波数分布上、復元画像の高周波成分の強度が大きいほど画像復元度が高いと考えられる。ここで、復元画像 $g(x, y)$ のフーリエ変換画像の実部を $R(x, y)$ 、虚部を $I(x, y)$ とすると、パワースペクトラム $P(x, y)$ は、

【0041】

【数10】

【0042】で表される。ここで、画像P (x, y) の中心座標を (x₀, y₀) とし、中心座標から距離 r の画素の輝度値を P (r) と表すと、周波数分布における重*

*心Cは、

【0043】

【数11】

$$C = \frac{\sum rP(r)}{\sum P(r)} \quad (r = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}) \quad (11)$$

【0044】で表される。計算される重心Cが大きいほど、周波数分布上高周波に重心があることを示す。

【0045】さらに、上式(11)ではパワースペクトラムP (x, y) の全周波数領域における重心を求めているが、場合によっては、特定の周波数帯域内の重心を求める方が効率的な場合もある。例えば、ウィナーフィルタ等のデコンボリューションによる画像復元アルゴリズムにおいては、パラメータ誤差等による雑音は復元※

※画像の高周波に現れることが知られている。この場合、雑音成分の多い高周波を除き、ある特定周波数範囲内の重心を求めてこれを画像復元度の指標とした方が良い。

ここで、周波数分布上の重心を求める範囲を $a \leq r \leq b$ とした場合、式(11)は、

【0046】

【数12】

$$C' = \frac{\sum rP(r)}{\sum P(r)} \quad (a \leq r \leq b, r = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}) \quad (12)$$

【0047】となり、特定周波数範囲内の重心C' が大きいほど、画像復元度が高いと判断する。

【0048】次に、ステップ2-4で劣化パラメータをシフトさせながら、上述のステップ2-2~2-4の操作をあらゆる劣化パラメータで繰り返し行う。劣化パラメータのシフト方法としては、最初に大きなステップ幅で概算値を得、その周辺で更に細かいステップ幅で計算する方法がある。また、シフトのステップ幅を操作者が指定可能とすることもできる。ステップ2-5においてステップ2-2~2-4の操作で得られた結果から、画像復元度が最良な劣化パラメータを導出する。最後にステップ2-6において、ステップ2-5で求めた劣化パラメータによる劣化関数及びウィナーフィルタ等の画像復元アルゴリズムを用いて、入力劣化画像の復元画像を生成する。

【0049】なお、劣化パラメータが複数ある場合には、一時にひとつのパラメータをシフトさせる。あるパラメータについてある値で最良の画像復元度が得られたなら、シフトするパラメータを他のパラメータに変えて、そのパラメータをシフトしつつ復元画像を生成して画像復元度を求め、その値が最良となるパラメータ値を決定する。このような操作を、各パラメータについて繰り返し行えばよい。

【第2の実施の形態】本実施例では、図2のフローチャートのステップ2-1に示す反復演算用画像生成ブロックについて詳細に説明する。

【0050】第1の実施例では、反復演算用画像として単純に入力劣化画像を使用する場合について述べたが、画像サイズが大きくなるにつれて演算負荷が非常に高くなる上に画像復元度を求める目的について言えば冗長である。そこで本実施例では、入力劣化画像サイズS_x×S_yから、画素を間引くことなどにより画像サイズs_x×s_yに変換した画像を反復演算用画像とする。画像サイ

ズS_x×S_yから画像サイズs_x×s_yに変換するアルゴリズムは既存技術として数多くあり、例えばニアリストネイバー法、バイリニア法、バイキュービック法等が利用できる。本手法によれば、入力劣化画像とほぼ同じ周波数特性を持ち、少ない演算量で反復演算を行うことができる。また、反復演算用画像サイズについては、あらかじめ固定としても良いし操作者が指定可能としても良い。

【0051】次に、操作者が入力画像の一部領域を指定することによってその切り出された画像を反復演算用画像とする手法も考えられる。例えば、図3のような画像が劣化(ボケ、ブレ等)した場合を考える。領域Aの輝度変化はなだらかなため、劣化による周波数特性上の変化は少ない。しかし、領域Bのエッジ部分では急峻な輝度変化(高周波成分)が劣化によってなだらか(低周波成分)になる。よって、図3の劣化画像から領域Bを切り出して復元した場合、復元画像の周波数分布上の重心が高周波にいくほど復元効果が高いと考えられる。すなわち、本発明で示すような画像復元度による比較を行う際、領域Aよりも領域Bの方が画像復元度の良否を判定する上で適していると言える。以上から、操作者によってエッジ部を含むような領域を指定し、その領域を切り出した画像を反復演算用画像とすれば、効果的かつ演算負荷の少ない処理で画像復元度の最良な劣化パラメータを導出することができる。

【0052】さらに、前述の手法における操作者が領域指定する煩わしさを軽減する手法を示す。図4は、画像サイズS_x×S_yの入力劣化画像とする。この入力劣化画像を、有限個の領域に分割し(図4の例では、3×4個の領域)、各領域は画像サイズs_x×s_yとする。分割領域数や領域の画像サイズ等は指定可能としても良い。そして、操作者は複数の分割領域の中から、最も本発明の処理に有効と思われる領域を選択し、その領域を反復演

算用画像とする。また、各領域毎に周波数分布や判別分析法のクラス分離度等を求め、エッジ部を多く含む領域を推定し、その領域を反復演算用画像として自動的に選択することも可能である。

【第3の実施の形態】第1の実施例では、入力劣化画像を復元する上で劣化パラメータは未知であることが前提であった。この場合、図2中のステップ2-2~2-4において、あらゆる劣化パラメータを用いて演算を行うため非常に負荷が大きい。また、画像によっては得られた劣化パラメータの誤差が大きく、画像復元の効果が低い場合も考えられる。

【0053】本実施例では、第1の実施例で示した図2の処理手順の前に、劣化パラメータの入力又は推定が行われた場合について説明する。確からしい劣化パラメータが与えられた場合、本実施例で示す処理によって、第1の実施例以上に高速かつ高精細な画像復元が可能となる。図5に、本実施例のフローチャート図を示す。

【0054】まず、ステップ5-1において、

(1) 操作者による劣化パラメータの入力

(2) 撮像装置に設けられた測定装置等からの出力による劣化パラメータの推定 (3) 劣化画像の画像解析による劣化パラメータの推定

等の手法により、劣化パラメータの入力・推定を行う。

(1) の例では、画像中に限りなく小さい輝点が存在する場合、その輝点のひろがりやを基に操作者が劣化パラメータを入力する手法がある。また(2)では、撮像装置の露出やシャッタ速度等の撮影条件、或いは撮像装置に付属する測定装置(加速度センサ等)の出力から劣化パラメータの推定が可能である。(3)の例では、入力劣化画像の画像特徴量(自己相関関数等)を基に劣化パラメータを推定する手法は従来から数多くある。

【0055】ステップ5-2~5-4では、第1の実施例のフローチャート(図2)におけるステップ2-1~2-3と同様の処理を行う。ステップ5-5の劣化パラメータシフトブロックでは、求めるべき最良の劣化パラメータが入力(推定)された劣化パラメータの近傍にあると仮定し、その近傍でのみ劣化パラメータをシフトする。ここで、劣化パラメータの入力(推定)する手法

(前記(1)~(3)等)によって介入誤差の範囲は異なるため、シフトする範囲はステップ5-1の手法に応じて可変とするか、或いは操作者によって指定可能としても良い。

【0056】最後にステップ5-6~5-7では、第1の実施例のフローチャート(図2)におけるステップ2-5~2-6と同様に、画像復元度の最良となる劣化パラメータを導出し、その劣化パラメータを用いて入力劣化画像を復元する。

【0057】

【他の実施形態】なお、本発明は、複数の機器(例えばホストコンピュータ、インタフェイス機器、リーダ、プ

リントなど)から構成されるシステムに適用しても、一つの機器からなる装置(例えば、複写機、ファクシミリ装置など)に適用してもよい。

【0058】また、本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現する図2あるいは図5の手順のプログラムコードを記録した記憶媒体を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成される。

【0059】この場合、記憶媒体から読出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

【0060】プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、フロッピディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROMなどを用いることができる。

【0061】また、コンピュータが読出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているOS(オペレーティングシステム)などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれる。

【0062】さらに、記憶媒体から読出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれる。

【0063】

【発明の効果】本発明は、画像復元を行う上で必要な劣化関数を構成する劣化パラメータが不明である場合でも、劣化パラメータをシフトさせながら画像復元を行い、各復元画像の画像復元度が最良の劣化パラメータを導出することによって、高度なアルゴリズムを必要としない画像復元が可能となる。

【0064】また、画像復元度を復元画像の周波数特性によって示すことで、復元度を数値的に得ることができ、オペレータの介入なしに最良の劣化パラメータを導出できる。

【0065】また、反復的に画像復元を行うことによる高い演算負荷に対しては、効率的かつ低負荷となるような反復演算用画像を生成することで、負荷を軽減できる。

【0066】さらに、様々な手法によって劣化パラメー

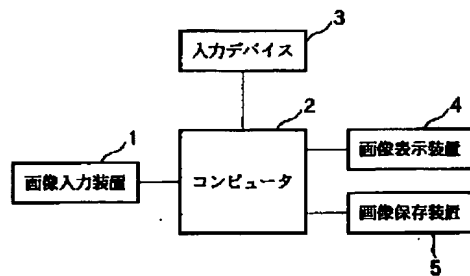
タが入力・推定され、その劣化パラメータに誤差が介在する可能性がある場合には、パラメータシフトする範囲を限定し、劣化パラメータの近傍範囲内で反復演算することによって、より高速かつ高精細な画像復元が可能となる。

【0067】

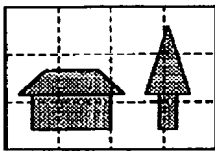
【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態における画像処理システムのブロック図である。

【図1】



【図4】



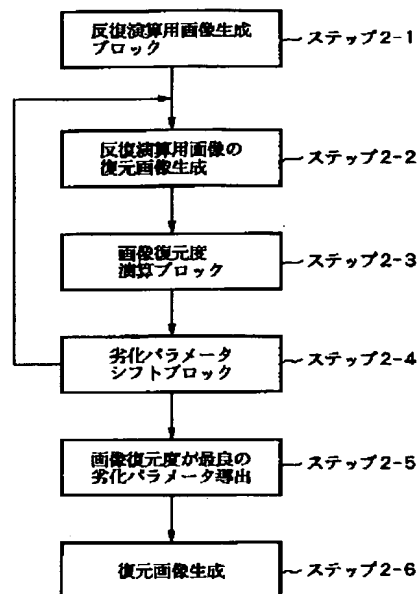
【図2】第1の実施の形態における画像復元手順のフローチャートである。

【図3】反復演算用画像を切り出す様子を示す図である。

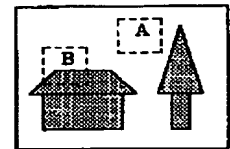
【図4】反復演算用画像を切り出す様子を示す図である。

【図5】第3の実施の形態における画像復元手順のフローチャートである。

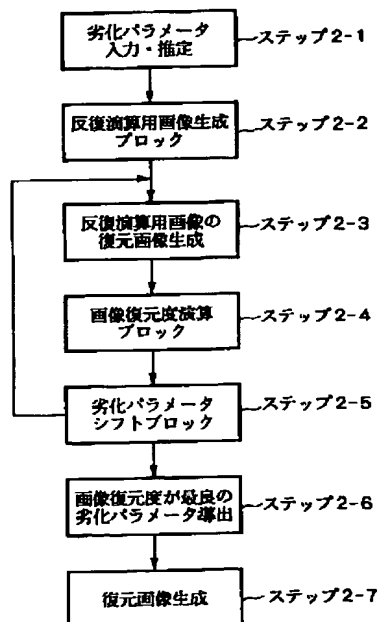
【図2】



【図3】



【図5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.